

MICROCAPTACIÓN, CULTIVOS ANUALES Y PERENNES, BRASIL

Aderaldo de Souza Silva, Ing. Agr. M.Sc. Investigador en Manejo de Suelo y Agua;
Everaldo Rocha Porto, Ing. Agr. Ph.D. Investigador en Manejo de Suelo y Agua;
José Barbosa dos Anjos, Ing. Agr. M.Sc. Investigador en Mecanización Agrícola;
María Sonia López da Silva, Ing. Agr. M.Sc. Investigador en Manejo de Suelo y Agua.
EMBRAPA/CPATSA, Petrolina-PE, Brasil.
Saúl Pérez Arana, Ing. Agr. Especialista en Cosecha de Agua de Lluvia;
DIRYA-DIGESA, Guatemala.

Antecedentes históricos

En condiciones áridas y semiáridas, especialmente en el nordeste brasileño, son muy grandes los problemas relacionados con el manejo y conservación de agua y suelo, tomando en cuenta factores climáticos como ocurrencia de bajas precipitaciones, su irregularidad espacial y temporal, (concentrándose en períodos de 3 a 5 meses), suelos superficiales, pedregosos y con baja capacidad de retención.

Según Lal *et al.* (1984), en Brasil la idea del uso de técnicas para minimizar el efecto de la irregularidad de las lluvias sobre la producción agrícola, datan de la década de los años 30. En 1936, en el municipio de Pilar, Estado de Pernambuco, Brasil, fue confirmada, experimentalmente, la necesidad de utilizar técnicas de conservación del agua de lluvia, una vez que las áreas dejadas en reposo, retenían mayor porcentaje de humedad.

La primera técnica de captación de agua de lluvia *in situ* adaptada a las condiciones semiáridas brasileñas, fue desarrollada por el Instituto Nordestino para el Fomento del Algodón y Oleaginosas (INAFOL), denominado "Método de Guimaraes Duque de Lavoura Seca". Este método consistía en el arreglo de surcos y camellones a nivel, específico para el cultivo del algodón arbóreo, permitiendo un incremento en la productividad, superior al 100% (INFAOL, 1973).

En 1980, el Centro de Pesquisa do Trópico Semi-árido (CPATSA), introdujo e intensificó sus investigaciones en técnicas de captación de agua de lluvia *in situ*, adaptando algunos métodos, para la explotación agrícola, tanto de cultivos perennes como anuales (Silva & Porto, 1982).

Aspectos técnicos

Descripción

El sistema de microcaptación o recolección de agua de lluvia *in situ*, consiste en la modificación de la superficie natural del terreno, a manera de formar uno o más planos inclinados que induzcan la formación de escorrentía superficial, en el propio pie de la planta. En general, la captación *in situ* consiste en la formación de surcos y camellones sucesivos; también pueden ser pequeñas cuencas o fajas excavadas alrededor de la planta. Estableciendo una clasificación general, se pueden agrupar en función del cultivo: anual o perenne. Las **figuras 14 y 15** presentan respectivamente, un sistema para cultivos anuales y otro para cultivos perennes.

Objetivos

Aumentar la eficiencia de utilización del agua de lluvia en regiones de baja precipitación, a través de la inducción de escorrentía superficial y conservación de suelo y agua en áreas para cultivos.

Selección del área

A continuación, se presentan los requerimientos básicos para el establecimiento de un sistema de captación del agua de lluvia *in situ*.

Suelos

La capacidad de retención de agua en el suelo es factor determinante para la implementación de esta técnica; por eso, un suelo de textura media, con buena estructura y buen drenaje, sin obstáculos para el laboreo agrícola, con profundidad mayor de 0,5 m, es indispensable para el éxito de la misma.

Clima

Durante varios años de investigación en el CPATSA, se ha observado que el efecto de la técnica de captación de agua de lluvia *in situ* es inversamente proporcional a la cantidad e irregularidad de las lluvias; esto quiere decir, que en años de precipitaciones irregulares, el efecto de la técnica es significativo. Sin embargo, se sabe que es necesario un mínimo de precipitación para proporcionar condiciones de humedad al suelo. En estas investigaciones, se observó que con apenas 98,2 mm de precipitación ocurrida en el ciclo de cultivo de frijol caupí, se obtuvo un incremento del 50% en la productividad del cultivo, si se compara con un sistema de cultivo en terrenos planos. Estos resultados confirman la importancia de la técnica para la agricultura dependiente de lluvia en regiones áridas y semiáridas.

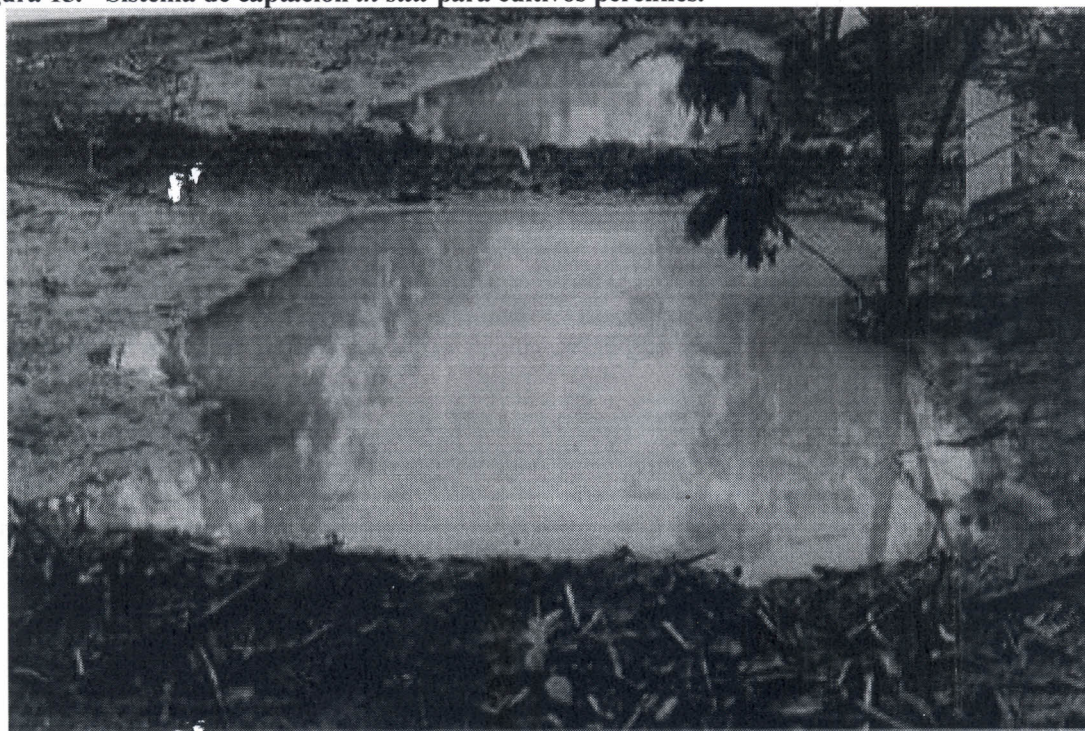
Topografía

Como los surcos y camellones de la captación de agua de lluvia *in situ* son a nivel, la topografía no representa un factor limitante. Sin embargo, no se recomiendan terrenos con pendientes mayores del 10% porque, como los surcos deben tener 0,3 m de profundidad promedio, la ocurrencia de precipitaciones intensas asociadas a pendientes pronunciadas, pueden provocar el desbordamiento del agua en alguno de los surcos y desencadenar un proceso continuo en los demás, dañificando la estructura del sistema. Para pendientes mayores del 10%, se sugiere la asociación de la captación del agua de lluvia *in situ* con un sistema de terrazas.

Figura 14. Sistema de captación *in situ* para cultivos anuales.



Figura 15. Sistema de captación *in situ* para cultivos perennes.



Diseño

Anaya et al (1976), desarrollaron una fórmula para el cálculo del espaciamiento entre hileras para la captación de agua de lluvia *in situ* (detalles sobre su desarrollo y aplicación ya fueron presentados en un capítulo anterior) cuya utilización se recomienda tanto para cultivos anuales como para cultivos perennes.

Trazo

El procedimiento para la implantación de la técnica de captación de agua de lluvia *in situ* en el campo es muy simple. Después de las prácticas de arado y rastreado del suelo, se marcan las curvas de nivel, las cuales deben ser en promedio, cinco por hectárea. Áreas de topografía irregular requieren mayor número de curvas a nivel.

Construcción

Son varias las maneras que hay para hacer la captación del agua de lluvia *in situ*; pero, en forma general, pueden agruparse de acuerdo al cultivo: anual y/o perenne.

Cultivos anuales

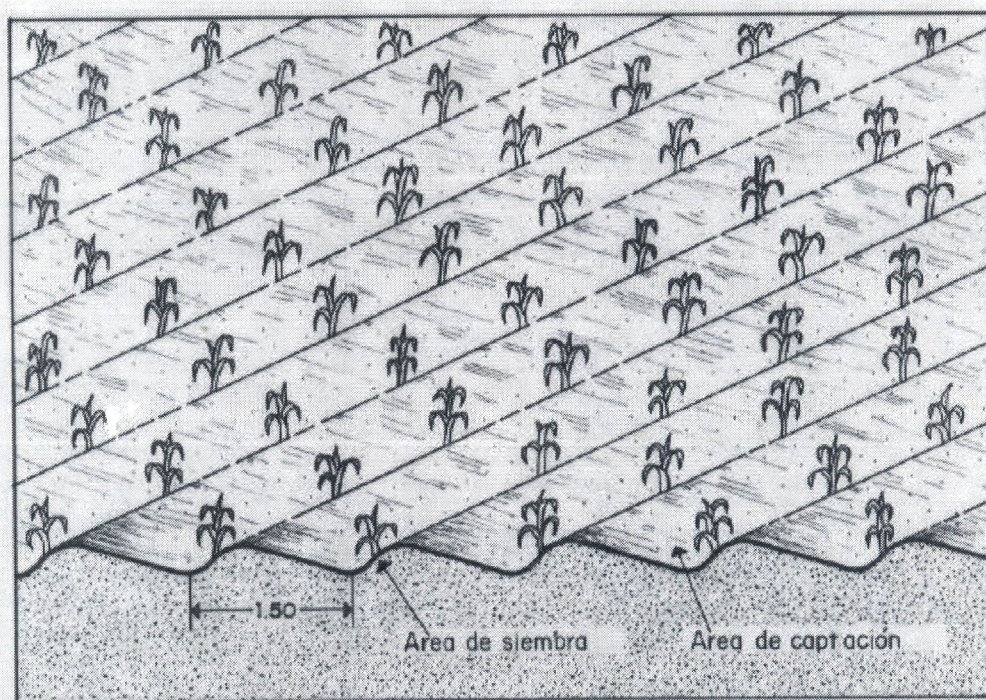
Existen varias configuraciones de captación *in situ* para cultivos anuales, todas constituidas por una secuencia de surcos y camellones. Las investigadas en la región semiárida de Brasil son: el método Guimaraes Duque (GM); el método ICRISAT; el método en "W"; y, el método de surcos interceptados.

A. Método Guimaraes Duque (GM)

Consiste en la formación de surcos seguidos por camellones altos y largos. En la **figura 16** se presenta el esquema de este tipo de captación. El surco y el camellón son formados a través de cortes efectuados con un arado de disco reversible sobre la curva de nivel previamente trazada. Generalmente, estos arados son de tres discos. Para esta práctica, se recomienda retirar uno de los discos dejándolo sólo con dos. El disco que se retira es el más próximo a los neumáticos del tractor.

El surcado se inicia tomando como base las curvas de nivel, depositando el suelo arado, siempre en el sentido de la pendiente. Para hacer el surco siguiente, se debe tener cuidado al maniobrar el tractor para que los neumáticos circulen sobre el suelo no trabajado, bordeando el surco anterior, y así sucesivamente. Este procedimiento es el que permite la formación del área de captación entre los camellones.

Figura 16. Método de captación del agua de lluvia *in situ* Guimaraes Duque.



Con este método, los surcos alcanzan una profundidad media de 0,25 m y un espaciamiento de 1,5 m, igual al ancho del tractor de neumáticos.

Este sistema presenta dos inconvenientes: el primero con respecto al equipo, ya que sólo puede hacerse con arado de discos, lo que implica la utilización de tractor; y el segundo, que sólo permite una hilera de plantas por surco, en el área de siembra (As).

B. Método ICRISAT

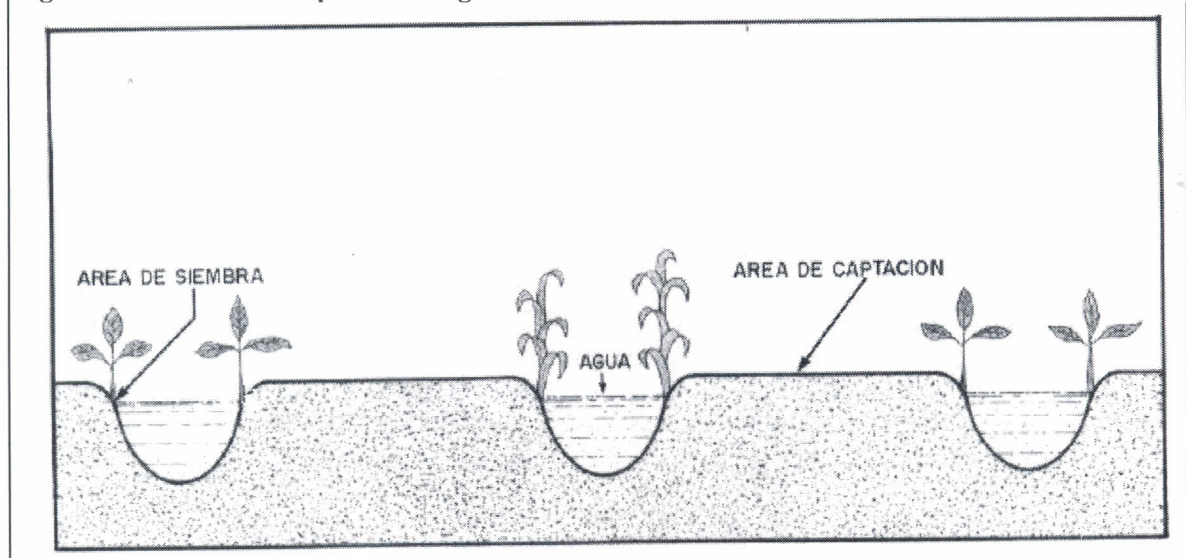
Este método es el más simple y práctico, pudiendo ser adaptado para casi todos los espaciamientos de los cultivos anuales. La denominación ICRISAT proviene de Internacional Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropic quienes estudiaron inicialmente el sistema. Consiste en la formación de surcos con profundidad de 0,20 m alternados por camellones un poco arriba del nivel normal de la superficie del suelo. El camellón se forma con el material retirado en la abertura del surco. Como la cantidad de suelo es pequeña, la altura del camellón también es pequeña. La **figura 17** presenta el modelo esquemático del sistema ICRISAT.

Además de poder adaptarse al espaciamiento de varios cultivos anuales, el sistema también presenta las ventajas de exigir poca fuerza de tracción en su confeccionamiento, y la colocación de dos líneas de cultivo en cada camellón. La utilización de poca fuerza de tracción, permite su implantación con animales.

La producción de escorrentía superficial es inferior a la de los otros sistemas debido a la poca inclinación que existe en el plano formado por el camellón que funciona como área de

captación. Los surcos son construidos con surcadores simples tradicionalmente utilizados en la preparación del suelo, principalmente en áreas irrigadas por surcos. Es importante que las bordas de los camellones tengan una forma redondeada, para lo cual se recomienda la colocación de una cadena, de aproximadamente 1,8 m de largo, en la parte trasera de los surcadores. Durante la preparación del suelo, la cadena arrastra el excedente depositado sobre el camellón configurando los bordes redondeados.

Figura 17. Técnica de captación de agua de lluvia a través del modelo ICRISAT.



C. Método en "W"

El método consiste en la formación de una secuencia alterna entre camellones largos y camellones estrechos (**figura 18**). Los camellones largos tienen sección triangular, la cual funciona como área de captación; los camellones estrechos tienen sección trapezoidal y conforman el área de siembra. Entre ambos, se forman los surcos que almacenan el agua captada; es decir que el método en "W" establece dos áreas de captación adyacentes que dirigen el agua de escorrentía hacia un camellón del lado izquierdo y hacia otro del lado derecho. La siembra del cultivo se hace en cada lado del camellón.

Este sistema presenta las siguientes ventajas: permite la mecanización, inclusive, para el manejo de los cultivos; facilita la incorporación de materia orgánica para el mejoramiento del suelo en el área de siembra y puede adaptarse a cualquier espaciamiento de siembra.

El sistema puede implantarse con tractor o con tracción animal. Los surcos se hacen con surcadores "pico de pato" a los que es necesario adaptar una plancha de hierro que da la forma triangular al área de captación. Para ello, se debe efectuar el siguiente procedimiento:

Trabajando con Tractor

Generalmente, las barras portaimplementos de los tractores tienen dos tamaños: 2,0 y 3,5 m. Cuando se utiliza la barra de 2,0 m se acoplan tres surcadores: uno en el centro y los otros dos espaciados 0,75 m a cada lado del primero. Se prevé la adaptación de una plancha metálica atornillada en el ala interna de los surcadores, tanto en el de la derecha como en el de la izquierda, las cuales llevan colocadas cadenas en sus otros extremos, a manera de tensores de ajuste.

Con esta adaptación, es necesario hacer dos pasadas del implemento para la confección del sistema; la **figura 19** presenta un modelo esquemático del proceso para diversos espaciamientos. En el primer paso, se acoplan solamente los tres surcadores a la barra portaimplementos, con espaciamiento de 0,75 m entre sí; en el segundo paso, se retira el surcador del centro y las planchas metálicas son adaptadas a las alas internas de los surcadores de los extremos para poder dar la configuración deseada al área de captación. Esto, presenta el inconveniente de disminuir la eficiencia de la operación.

Cuando se utiliza la barra portaimplementos de 3,5 m, se acoplan cuatro surcadores distanciados 0,75 m entre sí. En este caso, las planchas metálicas se colocan en los surcadores internos. Las cadenas se colocan de la misma manera como en el primer caso. A través de este montaje, el proceso es más eficiente porque sólo es necesario hacer un paso del implemento para la confección del sistema, pero presenta la limitante de requerir un tractor con fuerza mayor.

Figura 18. Técnica de captación de lluvia a través del modelo "W".

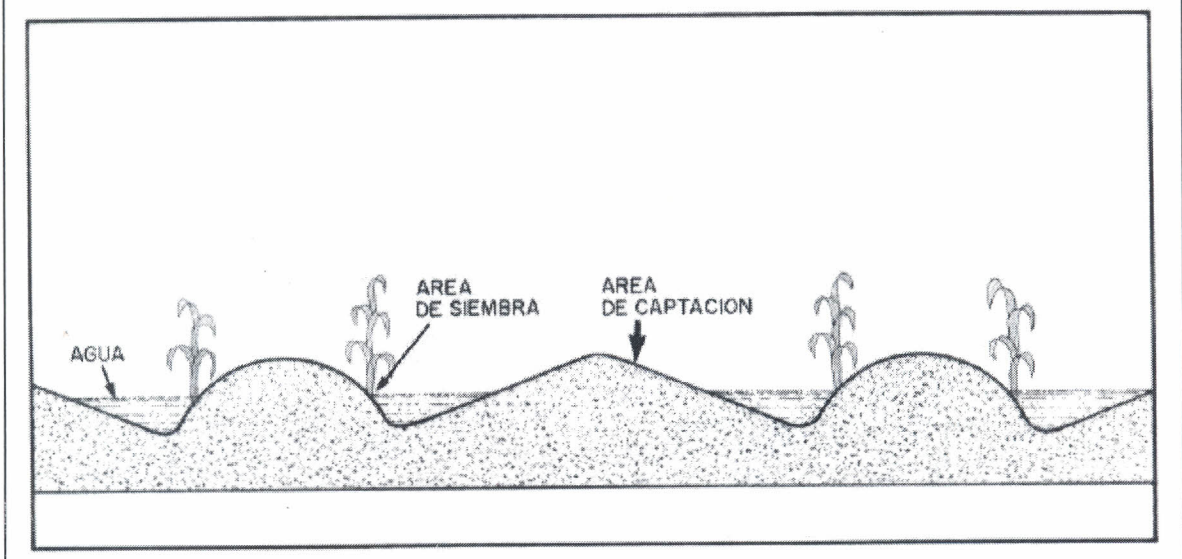
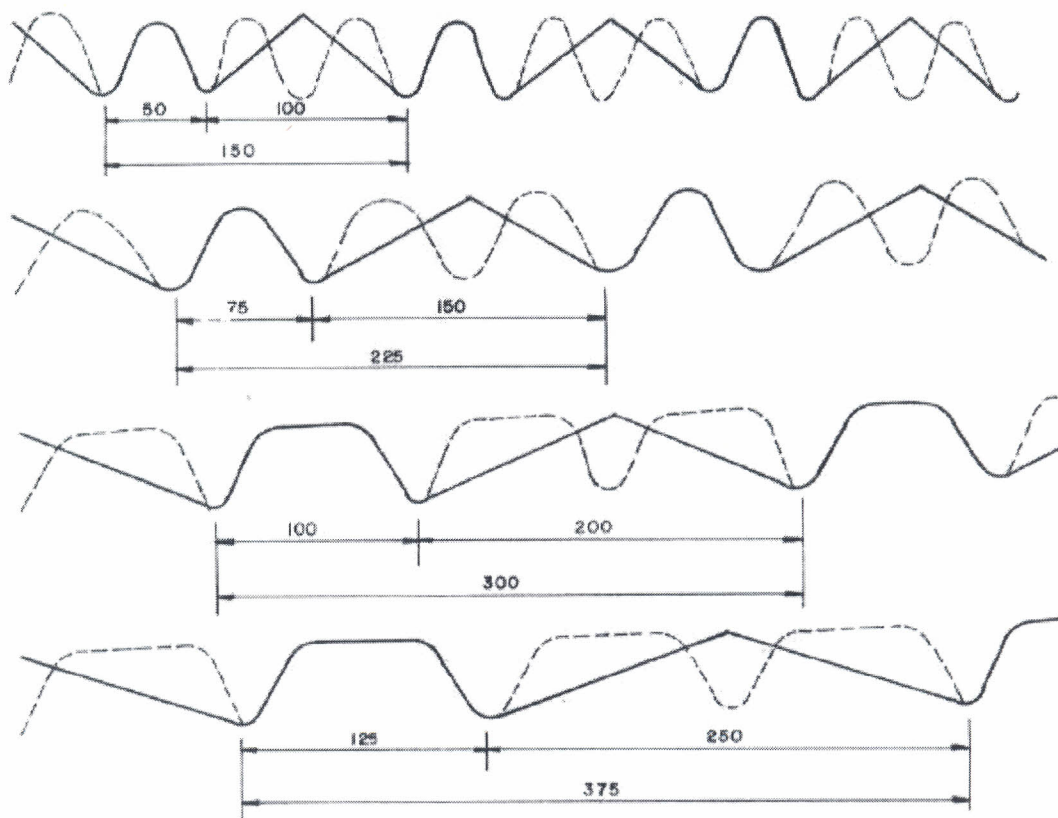


Figura 19. Modelo esquemático de la técnica de captación de agua de lluvia *in situ* tipo "W", usando la plancha de hierro, para varios espaciamientos.

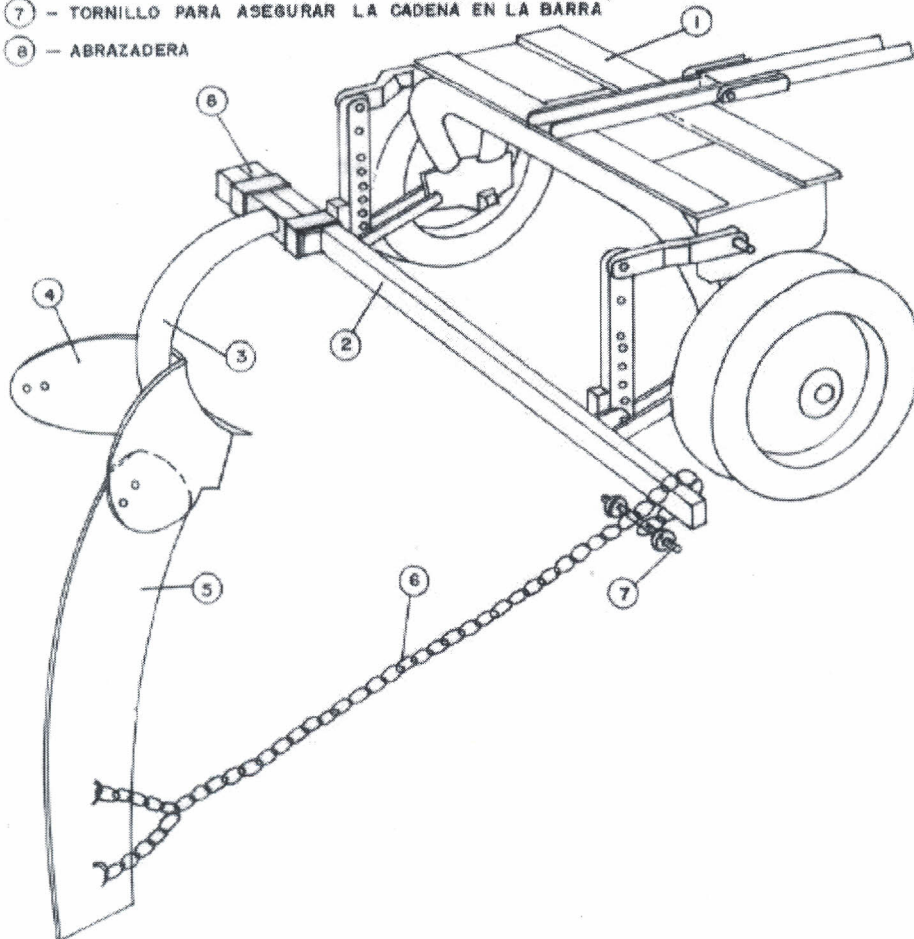


Trabajando con tracción animal

En este caso, solamente se acoplan dos surcadores a la barra portaimplementos del yunticultor (yunta de animales de tiro). El proceso es similar a cuando se usa la barra de 2,0 m con tractor, pero en este caso, se acopla sólo una plancha metálica (**figura 20**). Como consecuencia, el proceso de preparación del suelo es muy lento, porque se confecciona sólo un lado de la captación en cada paso del implemento.

Figura 20. Modelo esquemático del surcador con la plancha de hierro de acoplamiento al chasis portaimplementos para la confección del sistema de captación de agua de lluvia *in situ*.

- ⑦ - TORNILLO PARA ASEGURAR LA CADENA EN LA BARRA
⑧ - ABRAZADERA



- ① Chasis
② Barra portaimplementos
③ Soporte del surcador
④ Cuerpo del surcador

- ⑤ Plancha de hierro
⑥ Cadena
⑦ Tornillo para asegurar la cadena en la barra
⑧ Abrazadera

D. Método de surcos interceptados

El método consiste en la intercepción de los surcos con pequeñas tapadas construidas con parte del suelo removido del propio surco, a través de la utilización de equipo de tracción animal (**figura 21**), con el objetivo de impedir el escurrimiento del agua de lluvia en el surco, permitiendo de este manera, una mayor oportunidad de infiltración en el perfil del suelo.

El surco puede taponarse antes y/o después de la siembra, recomendándose que la intercepción (tapón) sea de menor altura que los camellones para evitar el rompimiento de los surcos y, por consiguiente, la erosión en las líneas de cultivo.

Cuando en un evento lluvioso ocurren grandes precipitaciones que provocan encharcamientos, se recomienda la eliminación del taponamiento de los surcos con la ayuda de surcadores simples; cuando las lluvias han disminuido, se deben formar nuevamente.

Cultivos perennes

Son innumerables las configuraciones dadas al sistema de captación de agua de lluvia *in situ* para árboles. Las **figuras 21 y 22**, presentan algunas formas esquemáticas de estas configuraciones; en todas ellas la idea es crear, artificialmente, microcuencas hidrográficas de aproximadamente 10,0 m cuadrados.

Las microcuencas pueden ser continuas o individuales. Si son continuas, se pueden formar haciendo camellones de aproximadamente 0,30 m, aún con tractor; en este caso, dos de los cuatro lados de la microcuenca se construyen mecánicamente, los otros dos lados se construyen a mano, con azadón. En la mayoría de los casos, las microcuencas son formadas individualmente.

Mantenimiento

Datos experimentales del CPATSA, comprueban que el método Guimaraes Duque es semipermanente y su mantenimiento en los años siguientes a su implantación debe hacerse removiendo el área de siembra con arado de vertedera a tracción animal. La primera pasada de arado remueve el suelo en el sentido de la pendiente tirándolo hacia la parte interior del surco; la segunda pasada, tira el suelo removido para encima del camellón. Las limpiezas del área de captación deben hacerse también con implementos a tracción animal, complementándose con azadón.

Figura 21. Método de captación del agua de lluvia *in situ* a través del método de surcos interceptados.



En los otros métodos es posible hacer el mantenimiento siguiendo el mismo procedimiento del método Guimaraes Duque, pero resulta menos costoso rehacer todo el sistema con implementos a tracción animal, que hacer las limpieas con azadón.

Potencial de producción

El método Guimaraes Duque sólo permite una hilera de plantas por surco. Para disminuir el efecto de esta limitante, se sugiere aumentar el número de plantas por área (densidad de siembra) una vez que el sistema induce una mayor disponibilidad de humedad en el suelo.

Datos experimentales comprueban que un cultivo de frijol caupí, con densidad de siembra alrededor de 50 000 plantas/ha, alcanzó una producción de 1 037,20 kg/ha, y con precipitación total en el ciclo del cultivo de 405 mm.

Estos resultados evidencian la importancia de la técnica de captación de agua de lluvia *in situ* en cultivos de secano en regiones de baja precipitación, una vez que la productividad media de la región para el cultivo de frijol caupí, está alrededor de los 400 kg/ha (Morgado y Rao, 1985; y Fundación IBGE, 1979).

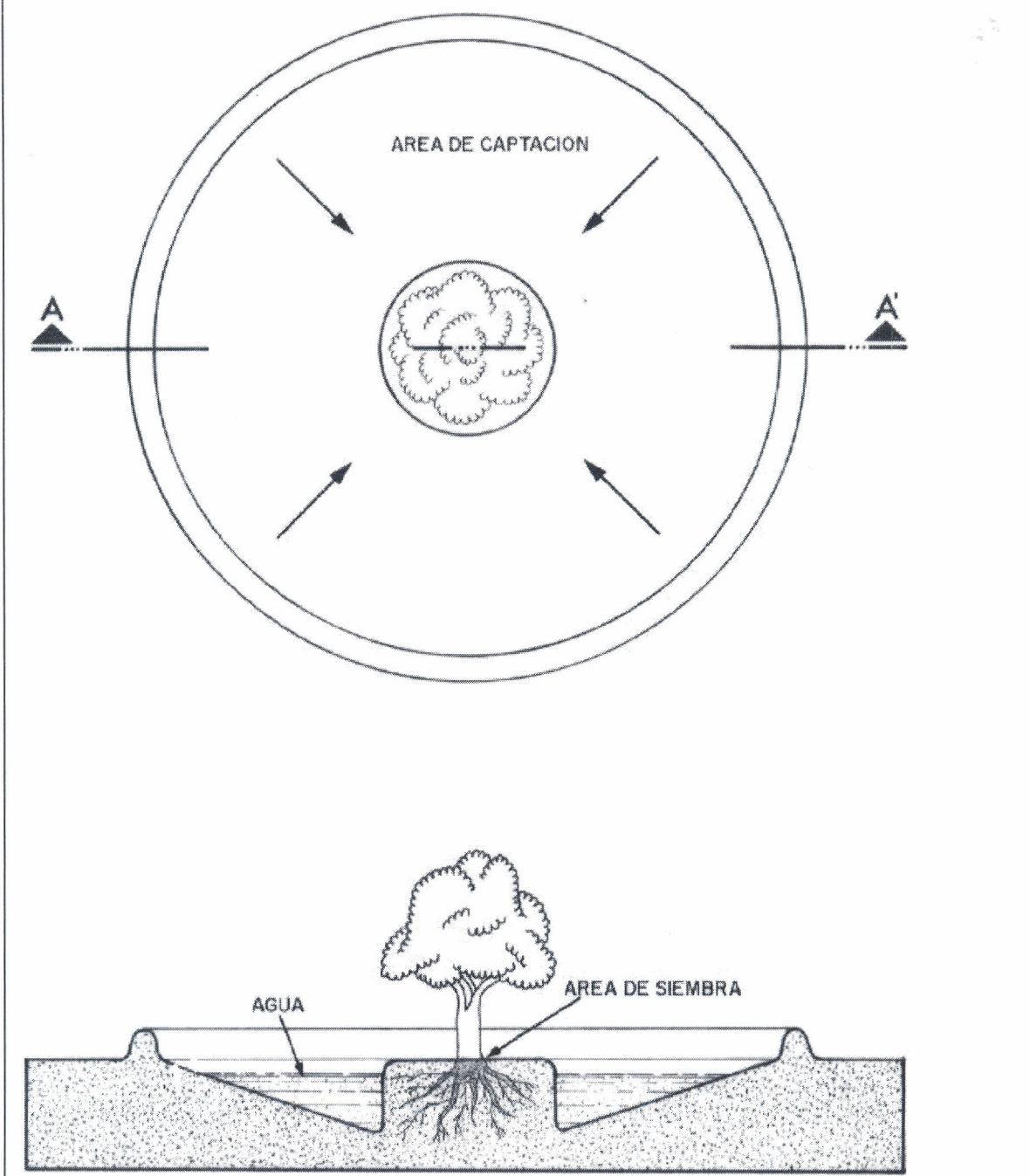
Grado de complejidad

La captación de agua de lluvia *in situ*, es una técnica simple y accesible a todos los niveles de productores, en vista de que, tradicionalmente, algunos ya efectúan prácticas de preparación del suelo como el arado y rastrado; demostrando así, la facilidad de acceso al conocimiento de los implementos necesarios para la captación de agua de lluvia *in situ*.

Limitaciones

La mayor limitación de la captación de agua de lluvia *in situ*, consiste en la disponibilidad de

Figura 22. Modelo esquemático de la técnica de captación de agua de lluvia *in situ* para frutales o cultivos perennes con microcuencas de captación individual para cada árbol.



equipos en el medio rural, donde el número de tractores o arados es limitado; el precio de la hora/máquina es elevado y los implementos a tracción animal y los animales no cubren la demanda; además de que la manutención de los animales es alta.

Estas limitaciones se acentúan más, debido a que las operaciones de preparación de los terrenos se concentran en un sólo período del año, provocando una mayor demanda de los mismos.

Otra limitación para la implantación de sistemas de captación del agua de lluvia *in situ*, con pequeños agricultores, es que la mayoría de ellos poseen tierras marginales no aptas para cultivos, es decir, con alto grado de pendiente, suelos poco profundos y con baja capacidad de retención de humedad. En este último caso, es importante incrementar la retención de agua en el suelo a través de la incorporación de materia orgánica.

Impactos socioeconómico y ambiental

Costo y retorno

El **cuadro 8** presenta la boleta de cálculo sobre los costos y retornos de un sistema de captación *in situ* para cultivos anuales constituido por la asociación de frijol y yuca. El costo total de las inversiones es de \$EE.UU. 135,00 por hectárea. Para un financiamiento bancario por un período de tres años, con interés del 8% anual, el costo total, incluyendo el costo de mantenimiento, es de \$EE.UU. 208,6 por hectárea.

La producción promedio conseguida en condiciones de 400 mm de lluvia por año, en el Nordeste de Brasil, es de 450 kg y 4 000 kg de frijol y yuca, respectivamente. Este resultado es un promedio de 10 años. Como se puede observar en el **cuadro 8**, la renta neta en esas condiciones es de \$EE.UU. 285,4 anuales por hectárea. Por lo tanto, es una actividad rentable.

Generación de empleo

Las técnicas de captación de agua de lluvia *in situ*, presentan diferentes grados de exigencia de mano de obra en función del tipo de sistema a implantarse y del tipo de suelo a trabajar. Para los sistemas de cultivos anuales la generación de empleo es baja porque son constituidos, en gran parte, mecanizadamente. Por otro lado, para los cultivos perennes, en general, el sistema consiste en microcaptación con cuencas individuales. Este sistema es construido manualmente por lo que requiere mucha mano de obra.

Sostenibilidad

La captación del agua de lluvia *in situ*, promueve la conservación de los recursos naturales, principalmente suelo y agua, tan limitantes en las regiones áridas y semiáridas además de proporcionar incrementos significativos en la productividad agrícola, una mayor oferta de alimentos y, por consiguiente, mejorar la calidad de vida en el medio rural.

Cuadro 8. Costo y rendimiento del sistema de captación *in situ* para cultivos anuales (Sistema ICRISAT)

Detalles:		
Cultivo: Asociación Frijol/Yuca		
Distancia entre surcos:	1,5 m	Area de cultivo 1,0 ha
Distancia entre filas de frijol:	1,5 m	Produc. de frijol 450 kg/ha
Distancia entre filas de yuca:	4,5 m	Produc. de yuca 4 000 kg/ha
Distancia entre plantas de frijol:	,2 m	Valor dólar ,0
Distancia entre plantas de yuca:	,8 m	Valor dólar 1.0 RS
Periodo de gracia:	,0 años	Periodo 3 años
		Intereses (año) 8,0 %

Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (R\$)	Valor Total (R\$)	Valor Total (\$EE.UU.)	Valor Total (-Q-)		
1. Costos de Inversiones:								
1.1 Mano de obra/uso de implementos:								
• Limpieza del área	hom./día	15,0	1,0	15,0	15,0	,0		
• Arado	hora/trat.	4,0	15,0	60,0	60,0	,0		
• Trazo de la curva de nivel	hom./día	,5	1,0	,5	,5	,0		
• Construcción de los surcos	hora/trat.	3,0	15,0	45,0	45,0	,0		
• Construcción de los surcos de retención	hora/trat.	1,0	15,0	15,0	15,0	,0		
1.2 Materiales			,0	,0	,0	,0		
<i>Costo total de inversión</i>				135,5	135,5	,0		
2. Costos Anuales:								
2.2 Insumos:								
• Semilla del frijol	kg	20,0	1,0	20,0	20,0	,0		
• Semilla de yuca	kg	50,0	1,0	50,0	50,0	,0		
• Abono fosfatado simple	kg	,0	,2	,0	,0	,0		
• Cimbush	l	,0	7,0	,0	,0	,0		
• Nuvacron	l	1,0	9,0	9,0	9,0	,0		
<i>Total anual insumo</i>				79,0	79,0	,0		
2.3 Mano de obra/uso implementos:								
• Siembra/fertilización	hom./día	3,0	1,0	3,0	3,0	,0		
• Limpias	hom./día	20,0	1,0	20,0	20,0	,0		
• Aplicación de pesticida	hom./día	2,0	1,0	2,0	2,0	,0		
• Cosecha del frijol	hom./día	7,0	1,0	7,0	7,0	,0		
• Cosecha de la yuca	hom./día	4,5	10,0	40,0	40,0	,0		
• Beneficiamiento de la yuca	hom./día	5,0	1,0	5,0	5,0	,0		
<i>Total anual insumo</i>				77,0	77,0	,0		
3. Costo:								
3.1 Total (inversión + costo año 1)				291,6	291,5	,0		
3.2 Anual (inversión + costo año 1)				208,6	208,6	,0		
	Precio/kg		kg/área cultivada					
4. Rendimiento Anual:	R\$	\$EE.UU	-Q-	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
4.1 Producción								
Frijol	1,0	1,0	,0	450,0	450,0	450,0	450,0	450,0
Yuca	,05	,05	,0	4 000,0	4 000,0	4 000,0	4 000,0	4 000,0
4.2 Renta bruta total								
En R\$				650,0	650,0	650,0	650,0	650,0
En US\$				650,0	650,0	650,0	650,0	650,0

En moneda local -Q-	,0	,0	,0	,0	,0
4.3 Renta Neta					
En R\$	285,4	285,4	285,4	285,4	285,4
En US\$	285,4	285,4	285,4	285,4	285,4
En moneda local -Q-	,0	,0	,0	,0	,0
					Total Anual
5. Generación de empleo:					
5.1 Utilización de mano de obra					Area total
En la implant. del sistema	hom./día				15,5
En el mantenim. y labores culturales	hom./día				41,0

R\$ es la moneda oficial de Brasil

Descripción de casos

En el Nordeste de Brasil, los gobiernos de los estados de Sergipe y Río Grande do Norte han apoyado la aplicación de estas técnicas.

En el Estado de Sergipe existen muchas áreas explotadas con el sistema de captación *in situ*; en su mayoría son áreas con cultivos de subsistencia, es decir maíz y frijol. Los lugares donde más se han intensificado las técnicas son: Porto da Folha, Poço Redondo, Monte Alegre y Nossa Senhora da Glória. En esta región, los suelos son muy susceptibles a la erosión hídrica y presentan una pluviometría promedio anual alrededor de los 600 mm.

En el Estado de Río Grande do Norte, se ha creado un programa de difusión de tecnologías en el que la captación *in situ* es prioritaria. La región es más amplia, los suelos son muy pobres y poco profundos; la precipitación promedio en los municipios que constituyen esta región está entre 500 y 600 mm/año. La captación *in situ* está siendo utilizada en el cultivo de maíz, frijol y algodón.

Dirección para consultas

CPATSA-EMBRAPA
Caixa Postal 23
56300-000 - Petrolina-PE
BRASIL